

10/522590

Rec'd PCT/ 26 JAN 2005

(12) NACH DEM VERTRÄG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

10/522590

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
26. Februar 2004 (26.02.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2004/017252 A1

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: G06K 9/52, 9/80

(72) Erfinder; und

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/002467

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): LOHWEG, Volker  
[DE/DE]; In der Linnenstr. 35, 33699 Bielefeld (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:

22. Juli 2003 (22.07.2003)

(74) Gemeinsamer Vertreter: KOENIG & BAUER  
AKTIENGESELLSCHAFT; Patente - Lizenzen,  
Friedrich-Koenig-Str. 4, 97080 Würzburg (DE).

(25) Einreichungssprache:

Deutsch

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,  
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,  
CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH,  
GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC,  
LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW,  
MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC,  
SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,  
UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(26) Veröffentlichungssprache:

Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

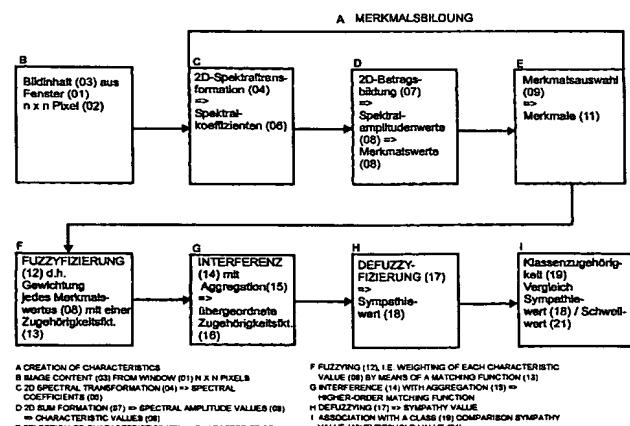
102 34 086.2 26. Juli 2002 (26.07.2002) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): KOENIG & BAUER AKTIENGESELLSCHAFT  
[DE/DE]; Friedrich-Koenig-Str. 4, 97080 Würzburg (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR EVALUATING THE SIGNALS OF AN ELECTRONIC IMAGE SENSOR DURING PATTERN  
RECOGNITION OF IMAGE CONTENTS IN A TEST PIECE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR SIGNALAUSWERTUNG EINES ELEKTRONISCHEN BILDSSENSORS BEI DER MUS-  
TERERKENNUNG VON BILDINHALTEN EINES PRÜFKÖRPERS



(57) Abstract: Disclosed is a method for evaluating the signals of an electronic image sensor during pattern recognition of image contents in a test piece. According to the inventive method, the image sensor receives an input light signal and emits an electrical output signal which correlates with the input light signal. Said method comprises the following steps: the image content of a window which has a size of n x n pixels is analyzed; the output signals indirectly or directly emitted by the image sensor are transformed into at least one translationally invariant characteristic value by means of at least one calculation specification; the characteristic value is weighted by means of at least one fuzzy matching function which functionally correlates with the value range of the characteristic value; a higher-order fuzzy matching function is generated by linking all matching functions by means of a calculation specification comprising at least one rule; a sympathy value is determined from the higher-order fuzzy matching function; said sympathy value is compared with a threshold value; a decision is made regarding association with a class.

(57) Zusammenfassung: Verfahren zur Signalauswertung eines elektronischen Bildsensors bei der Mustererkennung von Bildinhalten eines Prüfkörpers, wobei der Bildsensor ein Lichteingangssignal empfängt und ein elektrisches Ausgangssignal ausgibt, welches zum Lichteingangssignal korreliert, mit folgenden Schritten: Analyse des Bildinhalts eines

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/017252 A1



(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— mit geänderten Ansprüchen

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

---

Fensters der Größe  $n \times n$  Pixel durch, Umwandlung des mittelbar oder unmittelbar vom Bildsensor ausgegebenen Ausgangssignals in zumindest einen translationsinvarianten Merkmalswert mittels zumindest einer Rechenvorschrift, Gewichtung des Merkmalswerts mit zumindest einer unscharfen Zugehörigkeitsfunktion, wobei die Zugehörigkeitsfunktion in funktionalem Zusammenhang mit dem Wertebereich des Merkmalswerts steht, Generierung einer übergeordneten unscharfen Zugehörigkeitsfunktion durch Verknüpfung aller Zugehörigkeitsfunktionen mittels einer aus zumindest einer Regel bestehenden Berechnungsvorschrift, Ermittlung eines Sympathiewertes aus der übergeordneten unscharfen Zugehörigkeitsfunktion, Vergleich des Sympathiewertes mit einem Schwellwert, Entscheidung über eine Klassenzugehörigkeit.

## Beschreibung

### Verfahren zur Signalauswertung eines elektronischen Bildsensors bei der Mustererkennung von Bildinhalten eines Prüfkörpers

Die Erfindung betrifft Verfahren zur Signalauswertung eines elektronischen Bildsensors bei der Mustererkennung von Bildinhalten eines Prüfkörpers gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1, 2 oder 19.

Bekannte Verfahren zur Analyse von Bildinhalten eines Prüfkörpers beruhen zumeist auf Metriken zur Bestimmung von Gleichartigkeiten, wie beispielsweise Abstandsmaße für segmentierte Objekte oder der Berechnung von globalen Schwellenverteilungen. Diese Verfahren beruhen auf translationsinvarianten Ausgangsspektren. In Realität treten oftmals Situationen auf, wie beispielsweise Objektverschiebungen unter dem Aufnahmesystem oder verschiedene Untergründe bei der Aufnahme oder Aliasing-Effekte, so dass ein direkter Vergleich dieser Ausgangsspektren in vielen Fällen nicht durchgeführt werden kann.

Durch das Fachbuch Thomas TILLI „Mustererkennung mit Fuzzy-Logik: Analysieren, klassifizieren, erkennen und diagnostizieren“ Franzis-Verlag GmbH, München, 1993, S. 183/184, 208-210, 235-257 ist es bekannt, bei Verfahren zur Bildverarbeitung Fuzzy-Logik zu verwenden, wobei eine Art der Signalvorbereitung eine Spektraltransformation sein kann.

In dem Fachartikel „Mustererkennung mit Fuzzy-Logik“ von Peter ARNEMANN, Elektronik 22/1992, Seiten 88-92 ist beschrieben, Mustererkennung mittels Fuzzy-Logik durchzuführen.

Der Artikel von Charalampidis, D.; Kasparis, T.; Georgopoulos, M.; Rolland, J. „A fuzzy

ARTMAP based classification technique of natural textures" Fuzzy Information Processing Society, 1999. NAFIPS. 18<sup>th</sup> International Conference of the North American, 10.-12.06.1999, S. 507-511 beschreibt, Mustererkennung mit einer Trainingsphase durchzuführen und zur Bilderkennung ein Fenster mit 16 x 16 Pixel zu verwenden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Verfahren zur Signalauswertung eines elektronischen Bildsensors bei der Mustererkennung von Bildinhalten eines Prüfkörpers zu schaffen.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1, 2 oder 19 gelöst.

Ein Vorteil des Verfahrens liegt insbesondere darin, dass ein Sensorsignal in einem Bildfenster der Größe n x n Pixel analysiert wird. Daraus folgend kann das Sensorsignal dieses Bildfensters als lokal angesehen werden. Das erfindungsgemäße Bildanalyseverfahren kann in die wesentliche Schritte: Merkmalsbildung, Fuzzyfizierung, Interferenz, Defuzzyfizierung und Entscheidung über Klassenzugehörigkeit gegliedert werden.

Bei der Merkmalsbildung wird das Sensorsignal mittels zumindest einer Rechenvorschrift in ein invariantes, insbesondere in ein translationsinvariantes, Signal im Merkmalsraum überführt. Ziel der Merkmalsbildung ist es solche Größen zu bestimmen, durch welche typische Signaleigenschaften des Bildinhalts charakterisiert werden. Die typischen Signaleigenschaften des Bildinhalts werden durch sogenannte Merkmale repräsentiert. Die Merkmale können hierbei durch Werte im Merkmalsraum oder durch linguistische Variablen repräsentiert werden. Durch Überführung des Sensorsignals in den Merkmalsraum entsteht ein Signal, welches aus einem Merkmalswert oder aus mehreren Merkmalswerten besteht.

Die Zugehörigkeit eines Merkmalswerts zu einem Merkmal wird durch zumindest eine unscharfe Zugehörigkeitsfunktion beschrieben. Hierbei handelt es sich um eine weiche oder auch unscharfe Zuordnung, wobei abhängig vom Wert des Merkmalswerts die Zugehörigkeit des Merkmalswerts zum Merkmal in einem normierten Intervall zwischen 0 und 1 vorliegt. Das Konzept der Zugehörigkeitsfunktion führt dazu, dass ein Merkmalswert nicht mehr entweder ganz oder gar nicht einem Merkmal zuordenbar ist, sondern vielmehr eine Fuzzyzugehörigkeit annehmen kann, welche zwischen den Bool'schen Wahrheitswerten 1 und 0 liegt. Den eben beschriebenen Schritt nennt man Fuzzyfizierung. Bei der Fuzzyfizierung findet also im Wesentlichen eine Umwandlung eines scharfen Merkmalswerts in eine oder mehrere unscharfe Zugehörigkeiten statt.

Bei der Interferenz wird mittels einer Berechnungsvorschrift, welche zumindest aus einer Regel besteht, eine übergeordnete Zugehörigkeitsfunktion generiert, wobei alle Zugehörigkeitsfunktionen miteinander verknüpft werden. Im Ergebnis erhält man somit für jedes Fenster eine übergeordnete Zugehörigkeitsfunktion.

Bei der Defuzzyfizierung wird aus der in der Interferenz gebildeten übergeordneten Zugehörigkeitsfunktion ein Zahlenwert auch Sympathiewert genannt ermittelt. Bei der Entscheidung über die Klassenzugehörigkeit findet ein Vergleich des Sympathiewertes mit einem vorher festgelegten Schwellwert statt, anhand dessen die Zugehörigkeit des Fensters zu einer bestimmten Klasse entschieden wird.

Welcher Art die Merkmalswerte im Merkmalsraum sind, ist für das Prinzip der Erfindung von untergeordneter Bedeutung. So besteht beispielsweise bei Zeitsignalen die Möglichkeit, als Merkmalswerte den Mittelwert oder die Varianz zu bestimmen. Wird an das Auswerteverfahren die Anforderung gestellt, dass es die Bildinhalte unabhängig von der jeweils vorherrschenden Signalintensität fehlerfrei bearbeiten kann, und sollen des weiteren kleine aber zulässige Schwankungen des Bildsignals nicht zu Störungen führen, so ist es sinnvoll, wenn die Umwandlung des Sensorsignals aus dem zweidimensionalen

Ortsraum mittels einer zweidimensionalen Spektraltransformation, wie beispielsweise einer zweidimensionalen Fourier-, oder einer zweidimensionalen Walsh-, oder einer zweidimensionalen Hadamard- oder einer zweidimensionalen Zirkulartransformation durchgeführt wird. Durch die zweidimensionale Spektraltransformation erhält man invariante Merkmalswerte. Eine weitere bevorzugte Ausführungsform besteht darin, den Betrag der durch Spektraltransformation gewonnenen Spektralkoeffizienten als Merkmalswert zu verwenden.

Nach einem bevorzugten Ausführungsbeispiel sind die Zugehörigkeitsfunktionen unimodale Potentialfunktionen und die übergeordnete Zugehörigkeitsfunktion ist eine multimodale Potentialfunktion.

Nach einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel ist zumindest eine Zugehörigkeitsfunktion parametrisiert. Weist die Zugehörigkeitsfunktion positive und negative Steigungen auf, so ist es vorteilhaft, wenn die Parameter der positiven und negativen Steigung getrennt bestimmt werden können. Dadurch wird eine bessere Anpassung der Parameter an die zu untersuchenden Datensätze gewährleistet.

Nach einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel kann das Verfahren in eine Lernphase und eine Arbeitsphase unterteilt werden. Sind die Zugehörigkeitsfunktionen parametrisiert, so können in der Lernphase aus gemessenen Datensätzen die Parameter der Zugehörigkeitsfunktion ermittelt werden. In der Lernphase werden die Parameter der Zugehörigkeitsfunktionen an sogenannte Referenzbilder angeglichen, d. h. in der Lernphase wird eine Zugehörigkeit der Merkmalswerte, die sich aus den Referenzbildern ergeben, zu den entsprechenden Merkmalen mittels der Zugehörigkeitsfunktionen und deren Parametern hergeleitet. In der nachfolgenden Arbeitsphase werden die Merkmalswerte, die sich aus den nun gemessenen Datensätzen ergeben, mit den Zugehörigkeitsfunktionen, deren Parameter in der Lernphase ermittelt wurden, gewichtet, wodurch eine Zugehörigkeit der Merkmalswerte der nun gemessenen Datensätze zu den

entsprechenden Merkmalen hergestellt wird. Durch die Unterteilung des Verfahrens in eine Lern- und eine Arbeitsphase werden also die Parameter der Zugehörigkeitsfunktionen anhand von gemessenen Referenzdatensätzen ermittelt und in der nachfolgenden Arbeitsphase die gemessenen, zu prüfenden Datensätze mit den in der Lernphase festgelegten Zugehörigkeitsfunktionen gewichtet und bewertet.

Nach einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel ist zumindest eine Regel, mittels der die Zugehörigkeitsfunktionen miteinander verknüpft werden, eine konjunktive Regel im Sinne einer WENN... DANN-Verknüpfung.

Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel unterteilt die Generierung der übergeordneten unscharfen Zugehörigkeitsfunktion in die Abarbeitung der Teilschritte: Prämissenauswertung, Aktivierung und Aggregation. Hierbei wird bei der Prämissenauswertung für jeden WENN-Teil einer Regel ein Zugehörigkeitswert bestimmt und bei der Aktivierung eine Zugehörigkeitsfunktion für jede WENN... DANN-Regel festgelegt. Nachfolgend wird bei der Aggregation die übergeordnete Zugehörigkeitsfunktion durch Überlagerung aller bei der Aktivierung erzeugten Zugehörigkeitsfunktionen generiert.

Nach einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel wird die Sympathiewertermittlung insbesondere nach einer Schwerpunkts- und/oder Maximumsmethode durchgeführt.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im Folgenden näher beschrieben.

Es zeigen:

Fig. 1 ein Flussdiagramm des Signalauswerteverfahrens,

Fig. 2 eine Sympathiekurve,

Fig. 3a eine Differenzfunktion mit der Potenz D=8

Fig. 3b eine Differenzfunktion mit der Potenz D=4

Fig. 3c eine Differenzfunktion mit der Potenz D=2

Fig. 1 zeigt ein Flussdiagramm des nachfolgend beschriebenen Signalauswerteverfahrens. Beim Verfahren zur Signalauswertung von Bildinhalten eines Prüfkörpers wird über das gesamte zu analysierende Bild ein Raster aus  $N \times N$  Fenstern 01 gelegt. Jedes Fenster 01 besteht hierbei aus  $n \times n$  Pixel 02. Bei der Bildanalyse wird das Signal jedes Fensters 01 getrennt analysiert. Daraus folgend kann der Bildinhalt 03 jedes Fensters 01 als lokal betrachtet werden.

Durch eine oder mehrere Spektraltransformationen 04 wird das zweidimensionale Bild des Ortsraums in ein zweidimensionales Bild im Frequenzraum transformiert. Das erhaltene Spektrum nennt man Frequenzspektrum. Da es sich im vorliegenden Ausführungsbeispiel um ein diskretes Spektrum handelt, ist auch das Frequenzspektrum diskret. Das Frequenzspektrum wird durch die Spektralkoeffizienten 06 -auch Spektralwerte 06 genannt- gebildet.

Im nächsten Verfahrensschritt findet die Betragsbildung 07 der Spektralwerte 06 statt. Der Betrag der Spektralwerte 06 wird Spektralamplitudenwert 08 genannt. Die Spektralamplitudenwerte 08 bilden im vorliegenden Ausführungsbeispiel die Merkmalswerte d. h. sie sind identisch den Merkmalswerten.

Zur Transformation wird vorzugsweise eine Zirkular-Transformation verwendet. Bei der Zirkular-Transformation sind die Invarianzeigenschaften über die

Transformationskoeffizienten justierbar. Es kann eine Translationsinvarianz, ebenso wie Spiegelungsinvarianz oder Invarianz bezüglich verschiedener anderer Permutationsgruppen eingestellt werden. Somit ist es möglich, die o.g. Transformation beispielsweise in der spiegelungsvarianten Variante zur Untersuchung von Schriftzeichen

(man denke an die Unterscheidung von den Ziffern „9“ und „6“) zu nutzen. Genauso lässt sich die spiegelungsinvariante Variante zur Untersuchung von Werkteilen verwenden; denn hier ist es gerade nicht notwendig eine Unterscheidung zwischen einem gespiegelten Teil und dem Original zu treffen. Angemerkt sei, dass das Betragsspektrum der Fourier-Transformation spiegelungsinvariant ist.

Diese Transformationen arbeiten mit reellen Koeffizientenwerten. Man muss also keine komplexe Rechnung wie bei der Fourier-Transformation bemühen.

Die Zirkular-Transformation ist auch im Subpixelbereich bei beliebigen Verschiebungen extrem tolerant. Vergleiche haben ergeben, das diese Zirkular-Transformation anderen bekannten Transformationen in Bezug auf Verschiebungen überlegen ist.

Die Anzahl der Arbeitskoeffizienten (Merkmale, features) ist gering, da die Spektralkoeffizienten nochmal gruppenweise zusammengefasst werden.

Durch das Zusammenfassen entsteht die Toleranz gegenüber Verschiebungen. Selbst wenn ein Signal teilweise aus einem Messfeld herausläuft, bleiben die Merkmale noch relativ stabil. Untersuchungen haben ergeben, dass eine Stabilität erhalten bleibt, selbst wenn ein Bildinhalt bis zu ca. 30 % außerhalb des Messfeldes liegt.

Als weiterer Verfahrensschritt folgt die Merkmalsauswahl 09; Ziel bei der Merkmalsauswahl 09 ist es, die Merkmale 11, die charakteristisch für den Bildinhalt 03 des zu analysierenden Bilds sind, auszuwählen. Als Merkmale 11 sind sowohl charakteristische Spektralamplitudenwerte 08, welche durch ihre Position im Frequenzraum und durch ihre Amplitude das Merkmal 11 definieren, als auch linguistische Variablen wie beispielsweise „grau“, „schwarz“ oder „weiß“ möglich.

Im nun folgenden Verfahrensschritt, der Fuzzyfizierung 12, wird die Zugehörigkeit jedes

Spektralamplitudenwerts 08 zu einem Merkmal 11 durch eine weiche oder unscharfe Zugehörigkeitsfunktion 13 festgelegt; d. h. es findet eine Gewichtung statt.

Sollen die Zugehörigkeitsfunktionen 13 in einer Lernphase an sog. Referenzdatensätze angepasst werden können, ist es sinnvoll, wenn die Zugehörigkeitsfunktionen 13 parametrisierte monomodale, d.h. eindimensionale Potentialfunktionen sind, bei denen die Parameter der positiven und negativen Steigung getrennt an die zu untersuchenden Datensätze angepasst werden können. In der Lernphase nachfolgenden Arbeitsphase werden dann die Datensätze des Bildinhalts, aus welchen sich die Merkmalswerte 08 der Prüfbilder ergeben, mit den jeweiligen Zugehörigkeitsfunktionen 13 gewichtet, deren Parameter in der vorangegangenen Lernphase ermittelt wurden. D. h. es findet für jedes Merkmal 11 eine Art SOLL-IST Vergleich zwischen Referenzdatensatz, der in den Parametern der Zugehörigkeitsfunktionen 13 zum Ausdruck kommt, und dem Datensatz des Prüfbildes statt. Durch die Zugehörigkeitsfunktionen 13 wird eine weiche oder unscharfe Zuordnung zwischen dem jeweiligen Merkmalswert 08 und dem Merkmal 11 hergestellt.

Im nächsten Verfahrensschritt, der Interferenz 14, findet im Wesentlichen eine konjunktive Verknüpfung 15 -auch Aggregation 15 genannt- aller Zugehörigkeitsfunktionen 13 der Merkmale 11 statt, wodurch eine übergeordnete Zugehörigkeitsfunktion 16 erzeugt wird.

Der nächste Verfahrensschritt, die Defuzzyfizierung 17, ermittelt aus der übergeordneten Zugehörigkeitsfunktion 16 einen konkreten Zugehörigkeits- oder Sympathiewert 18. Dieser Sympathiewert 18 wird bei der Klassifikation 19 mit einem vorher eingestellten Schwellwert 21 verglichen, wodurch eine Klassifikationsaussage getroffen werden kann. Der Schwellwert 21 wird entweder manuell oder automatisch eingestellt. Die Einstellung des Schwellwerts 21 erfolgt ebenfalls in der Lernphase.

Bei der Klassifikation wird nicht ein Zahlenwert zu einer bestimmten Klasse durch eine

Wahr- oder Falschaussage direkt zugeordnet, sondern eine unimodale Funktion festgelegt, die eine Zugehörigkeit zu einer wahren oder falschen Aussage beschreibt.

Dabei wird die Klassenzugehörigkeit trainiert, d. h. die Entscheidungskurven werden anhand von im Prozess ermittelten Messwerten angelernt. Die Funktionen, mit denen ein Grad der Zugehörigkeit bestimmt wird, werden Zugehörigkeitsfunktionen ZGF =  $\mu(m_i)$  genannt. Der berechnete Wert der Zugehörigkeitsfunktion ZGF wird als Sympathiewert  $\mu$  bezeichnet. Oft werden mehrere Zugehörigkeitsfunktionen ZGF verwendet, die in nachfolgenden Schritten weiter zusammengefasst werden, um eine eindeutige Aussage zu erzielen.

Es handelt sich dabei jedoch ausdrücklich nicht um ein Neuronales Netz dass Verwendung findet. Von Neuronalen Netzen ist bekannt, dass diese trainiert werden können.

Die Fuzzy Platten Classification basiert auf einem Konzept, das ein Abstandsmaß und eine Merkmalverknüpfung gleichzeitig bewerkstellt. „Fuzzy“ daran ist die Tatsache, dass die Merkmale „verrundet“ werden, aber nicht logisch, sondern unscharf. Dieses führt erstens dazu, dass alle Merkmale summarisch berücksichtigt werden. D. h., kleine Abweichungen eines Merkmals werden noch toleriert. Wird zweitens die Abweichung eines Merkmals zu groß, so hat diese sofort großen Einfluss auf das Abstandsmaß. Der Ausgang des Klassifikators selbst liefert demnach nicht eine „Gut/Schlecht“-Entscheidung, sondern einen kontinuierlichen Ausgangswert zwischen [0 .... 1]. Es wird nachgeschaltet noch einen Schwellwert verwendet, der dann eine „Gut/Schlecht“-Entscheidung ermöglicht.

Der Ausgangswert für das Abstandsmaß (Sympathiewert) lautet:  $\mu = 2^{-z}$  mit

$$z = \frac{1}{M} \sum_{x=0}^{M-1} \left( \frac{|m_x - x_0(m_x)|}{C_x} \right)^D, \quad 0 \leq z \leq 10, \quad z > 10 \Rightarrow \mu(z) \equiv 0.$$

Dabei haben die Koeffizienten folgende Bedeutung: x = Zählindex; z = gemitteltes Abstandsmaß; M = Anzahl der Merkmale;  $x_0$  = Mittelwert von  $C_{\text{diff}}$ ;  $C_x$  = Ausdehnungswert; D = Potenz;  $\mu$  = Sympathiwert;  $C_{\text{diff}}$  = Differenzmaß Ausdehnungswert.

Dabei wird der Ausdehnungswert C mit Hilfe von Messwerten, die mit der Zirkular-Transformation erzeugt wurden angelernt.

Der  $\mu$ -Wert beschreibt, wie groß die Ähnlichkeit eines Musters in Bezug zu einem Referenzmuster ist, das durch Merkmale beschrieben wird. Das bedeutet, dass der z-Wert, die eigentliche Steuerung des  $\mu$ -Wertes übernimmt. Ist der z-Wert sehr klein, ist der  $\mu$ -Wert nahe 1. Die Muster sind sich sehr ähnlich (sympathisch). Ist dagegen der z-Wert groß, wird der  $\mu$ -Wert klein werden; die Muster sind nicht ähnlich. Der Verlauf der Kurve - so wie sie implementiert ist – ist in der Fig. 2 dargestellt.

Zunächst werden in der Lernphase die Werte  $C_{\text{diff},x}$  bestimmt und zwar für jedes Merkmal  $m_x$  ein Wert.

$$C_{\text{diff},x} = \max(m_x) - \min(m_x),$$

wobei  $C_{\text{diff}}$  das Differenzmaß des Ausdehnungswertes C und m die Merkmale sind.

Mit Hilfe der gelernten  $C_{\text{diff}}$  Werte wird während der Inspektion gearbeitet. Die Werte können noch mit einer zusätzlichen Toleranz a belegt werden. Die Verrechnung geschieht zur Laufzeit:

$$C_x = (1 + 2p_{ce}) \cdot \frac{\max(m_x) - \min(m_x)}{2}, \quad a = (1 + 2p_{ce}),$$

wobei  $C$  der Ausdehnungswert und  $p_{ce}$  die prozentuale Toleranz von  $C_{diff}$  ist.

Der Wertebereich von  $a$  liegt zwischen [1 ... 3]. Der Wert  $p_{ce}$  gibt die prozentuale Toleranz an mit der  $C_{diff}$  jeweils belegt wird. Es soll eine 50%ige Erweiterung des Bereiches von  $C_{diff}$  erreicht werden; dann ist  $a = 1+2*0.5 = 2$ .

Der  $x_0$ -Wert gibt den Mittelwert von  $C_{diff}$  an; er wird für jedes Merkmal zur Laufzeit errechnet.

Es wird die Differenz zwischen Merkmalwert und mittlerem Merkmalwert, der aus dem Wert  $C_x$  bestimmt wird, berechnet. Diese Differenz wird mit der Breite des Ausdehnungswertes  $C_x$  normiert. Die Folge ist, dass das entsprechende Merkmal bei geringer Abweichung wenig zum  $z$ -Wert beiträgt; bei großer Abweichung wird jedoch ein großer Abweichungswert in Abhängigkeit der des Differenzmaßes des Ausdehnungswertes  $C_{diff}$  ergeben. Die normierte Differenz  $d_x$  nennen.

Die Potenz  $D$  (2, 4, 8) stellt die Empfindlichkeit an den Flanken der normierten Differenzenfunktion  $d_x$  ein. Wird der Wert  $D$  auf „Unendlich“ gestellt – was technisch nicht möglich ist – so erhält man auch eine unendliche Flankensteilheit und damit eine harte „Gut/ Schlecht“-Entscheidung. Deshalb werden die Werte üblicherweise auf Werte zwischen 2 ... 20 eingestellt. Die Kurven für die Werte 2, 4 und 8 sind in den Figuren 3c, 3b und 3a dargestellt.

Die potenzierten Funktionen  $d_x$  werden aufsummiert und zwar wird nur die Anzahl  $M$  der Merkmale  $m$  verwendet, die auch eingeschaltet sind. Nach der Summation wird der errechnete Wert durch die Anzahl  $M$  geteilt. Es wird der Mittelwert aller potenzierten Differenzen  $d_x$  ermittelt.

Der Effekt ist folgender: Durch das Potenzieren werden kleine Abweichungen nicht in das Gewicht fallen; große jedoch werden verstärkt werden. Durch die Mittelung wird eine Abweichung aller Merkmaldifferenzen berechnet. Dieses hat zur Folge, das auch bei der Abweichung mehrerer Merkmale der  $\mu$ -Wert nicht drastisch abgesenkt wird. Erst bei größeren Abweichungen wird dieser Wert sehr klein werden.

Anschließend erfolgt eine Schwellwertauswertung.

$$\mu_{Klass} = \begin{cases} Gut, & \text{falls } \mu(z) \geq \mu_s \\ Fehler, & \text{falls } \mu(z) < \mu_s \end{cases} .$$

Dieser Vorgang wird für alle Fenster durchgeführt.

Eine Auswertung dynamischer Prozesse – wie Druckprozesse – benötigt nichtlineare Abstandsmaße (Sympathiewerte).

**Bezugszeichenliste**

01 **Fenster, N x N Fenster**  
02 **n x n Pixel**  
03 **Bildinhalt**  
04 **2-dimensionale Spektraltransformation, Rechenvorschrift**  
05 **-**  
06 **Spektralkoeffizient, Spektralwert**  
07 **2-dimensionale Betragsbildung, Rechenvorschrift**  
08 **Spektralamplitudenwert=Merkmalswert**  
09 **Merkmalsauswahl**  
10 **-**  
11 **Merkmalsauswahl**  
12 **Fuzzyfizierung**  
13 **Zugehörigkeitsfunktion**  
14 **Interferenz, Berechnungsvorschrift**  
15 **-**  
16 **übergeordnete Zugehörigkeitsfunktion, Verknüpfung, Aggregation, Berechnungsvorschrift**  
17 **Defuzzyfizierung**  
18 **Zugehörigkeitswert, Sympathiewert**  
19 **Klassifikation, Klassenzugehörigkeit**  
20 **-**  
21 **Schwellwert**

**C** **Ausdehnungswert**  
**C<sub>diff</sub>** **Differenzmaß Ausdehnungswert**  
**D** **Potenz**  
**M** **Anzahl der Merkmale**

**ZGF Zugehörigkeitsfunktion**

- a** Toleranz
- $d_x$**  nominierte Differenz
- m** Merkmal
- $p_{ce}$**  prozentuale Toleranz von  $C_{diff}$
- x** Zählindex
- z** gemitteltes Abstandsmaß
  
- $\mu$**  Sympathierwert, Abstandsmaß

## Ansprüche

1. Verfahren zur Signalauswertung eines elektronischen Bildsensors bei der Mustererkennung von Bildinhalten eines Prüfkörpers, wobei der Bildsensor ein Lichteingangssignal empfängt und ein elektrisches Ausgangssignal ist, welches zum Lichteingangssignal korreliert, mit folgenden Schritten:
  - Analyse des Bildinhalts (03) eines Fensters (01) der Größe  $n \times n$  Pixel (02) durch,
  - Umwandlung des mittelbar oder unmittelbar vom Bildsensor ausgegebenen Ausgangssignals in zumindest einen invarianten Merkmalswert (08) mittels zumindest einer Rechenvorschrift (04, 07),
  - Gewichtung des Merkmalswerts (08) mit zumindest einer unscharfen Zugehörigkeitsfunktion (13), wobei die Zugehörigkeitsfunktion (13) in funktionalem Zusammenhang mit dem Wertebereich des Merkmalswerts (08) steht,
  - Generierung einer übergeordneten unscharfen Zugehörigkeitsfunktion (16) durch Verknüpfung aller Zugehörigkeitsfunktionen (13) mittels einer aus zumindest einer Regel bestehenden Berechnungsvorschrift (14, 15),
  - Ermittlung eines Sympathiewertes (18) aus der übergeordneten unscharfen Zugehörigkeitsfunktion (16),
  - Vergleich des Sympathiewertes (18) mit einem Schwellwert (21),
  - Entscheidung über eine Klassenzugehörigkeit (19).
2. Verfahren zur Signalauswertung eines elektronischen Bildsensors bei der Mustererkennung von Bildinhalten eines Prüfkörpers, wobei der Bildsensor ein Lichteingangssignal empfängt und ein elektrisches Ausgangssignal ist, welches zum Lichteingangssignal korreliert, mit folgenden Schritten:
  - Analyse des Bildinhalts (03) eines Fensters (01) der Größe  $n \times n$  Pixel (02),
  - aus diesen Bildinhalten (03) werden zweidimensionale Spektren bestimmt,

- aus diesen zweidimensionalen Spektren werden Spektralamplitudenwerte berechnet und miteinander verknüpft, so dass nur ein Sympathiewert (18) pro Fenster entsteht.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass pro Fenster (01) der Größe  $n \times n$  Pixel nur ein einziger Sympathiewert (18) berechnet wird.
4. Verfahren zur Signalauswertung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Bild des zu begutachtenden Prüfkörpers in  $N \times N$  rasterförmig angeordnete Fenster (01) der Größe  $n \times n$  Pixel (02) unterteilt wird.
5. Verfahren zur Signalauswertung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Sympathiewert (18) insbesondere nach einer Schwerpunkts- und / oder Maximumsmethode ermittelt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Sympathiewert (18) nicht linear sind.
7. Verfahren zur Signalauswertung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren in eine Lernphase und eine Arbeitsphase unterteilt wird, wobei in der Lernphase zumindest ein Parameter und / oder zumindest ein Schwellwert (21) bestimmt und angeglichen wird, und wobei in der Arbeitsphase der Bildinhalt (03) eines Prüfkörpers anhand der Ergebnisse aus der Lernphase beurteilt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass in einer Lernphase die Klassenzugehörigkeit trainiert wird, d. h. die Zugehörigkeitsfunktion (13; 16) wird angelernt.
9. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein Ausgangswert für den Sympathiewert (18) aus folgender Formel gebildet wird:

Der Ausgangswert für das Abstandsmaß (Sympathiewert) lautet:  $\mu = 2^{-z}$  mit

$$z = \frac{1}{M} \sum_{x=0}^{M-1} \left( \frac{|m_x - x_0(m_x)|}{C_x} \right)^D, \quad 0 \leq z \leq 10, \quad z > 10 \Rightarrow \mu(z) \equiv 0,$$

wobei x= ein Zählindex, M= die Anzahl der Merkmale, m= Merkmal,  $x_0$  = Mittelwert von  $C_{\text{diff}}$ , D= Potenz.  $C_{\text{diff}}$  = Differenzmaß des Ausdehnungswertes C bedeutet.

10. Verfahren zur Signalauswertung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Rechenvorschrift (04) zur Umwandlung des Signals des Bildsensors in einen invarianten Merkmalswert (08) ein zweidimensionales mathematisches Spektraltransformationsverfahren (04), insbesondere eine zweidimensionale Fourier-, oder Walsh-, oder Hadamard- oder Zirkular-Transformation ist.
11. Verfahren zur Signalauswertung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Merkmalswert (08) durch den Betrag eines Spektralkoeffizienten (06) repräsentiert wird.
12. Verfahren zur Signalauswertung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Zugehörigkeitsfunktion (13) durch zumindest einen Parameter beschrieben wird.
13. Verfahren zur Signalauswertung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Zugehörigkeitsfunktionen (13) unimodale Funktionen sind.
14. Verfahren zur Signalauswertung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die übergeordnete Zugehörigkeitsfunktion (16) eine multimodale Funktion ist.
15. Verfahren zur Signalauswertung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Zugehörigkeitsfunktionen (13) und / oder die übergeordnete Zugehörigkeitsfunktion (16) Potentialfunktion(en) ist (sind).

16. Verfahren zur Signalauswertung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Berechnungsvorschrift (14; 15) mittels der die Zugehörigkeitsfunktionen (13) miteinander verknüpft werden eine konjunktive Berechnungsvorschrift (14; 15) im Sinne einer WENN ... DANN - Verknüpfung ist.
17. Verfahren zur Signalauswertung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Generierung der übergeordneten unscharfen Zugehörigkeitsfunktion (16) durch die Abarbeitung der Teilschritte Prämissenauswertung, Aktivierung und Aggregation (15) erfolgt, wobei bei der Prämissenauswertung für jeden WENN - Teil einer Berechnungsvorschrift (14; 15) ein Zugehörigkeitswert bestimmt wird, und wobei bei der Aktivierung eine Zugehörigkeitsfunktion für jede WENN ... DANN - Berechnungsvorschrift bestimmt wird, und wobei bei der Aggregation (15) die übergeordnete Zugehörigkeitsfunktion (16) durch Überlagerung aller bei der Aktivierung erzeugten Zugehörigkeitsfunktionen (13) generiert wird.
18. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Sympathiewert (18) mittels Fuzzy-Logik bestimmt wird.
19. Verfahren zur Signalauswertung eines elektronischen Bildsensors bei der Mustererkennung von Bildinhalten eines Prüfkörpers, wobei der Bildsensor ein Lichteingangssignal empfängt und ein elektrisches Ausgangssignal ist, welches zum Lichteingangssignal korreliert, mit folgenden Schritten:
  - aus mindestens einem Bildinhalt (03) werden Spektren erzeugt,
  - die Spektraltransformation wird durch eine Zirkular-Transformation erzeugt.
20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass ein invariantes Spektrum erzeugt wird.

21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Invarianzeigenschaft über die Transformationskoeffizienten einstellbar sind.
22. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Zirkular-Transformation mit reellen Koeffizienten ausgeführt wird.
23. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass zugehörige Arbeitskoeffizienten durch gruppenweise Zusammenfassung von Spektralkoeffizienten gebildet werden.

## GEÄNDERTE ANSPRÜCHE

[beim Internationalen Büro am 29.Januar 2004 ( 29.01.04 ) eingegangen  
ursprüngliche Ansprüche 1-23 durch geänderte Ansprüche 1-23 ersetzt ( 5 Seiten)]

1. Verfahren zur Signalauswertung eines elektronischen Bildsensors bei der Mustererkennung von Bildinhalten eines Prüfkörpers, wobei der Bildsensor ein Lichteingangssignal empfängt und ein elektrisches Ausgangssignal ausgibt, welches zum Lichteingangssignal korreliert, mit folgenden Schritten:
  - Analyse des Bildinhalts (03) eines Fensters (01) der Größe  $n \times n$  Pixel (02) durch,
  - Umwandlung des mittelbar oder unmittelbar vom Bildsensor ausgegebenen Ausgangssignals in zumindest einen invarianten Merkmalswert (08) mittels zumindest einer Rechenvorschrift (04, 07), die ein zweidimensionales mathematisches Spektraltransformationsverfahren (04), insbesondere eine zweidimensionale Fourier-, oder Walsh-, oder Hadamard- oder Zirkular-Transformation ist.
  - Gewichtung des Merkmalswerts (08) mit zumindest einer unscharfen Zugehörigkeitsfunktion (13), wobei die Zugehörigkeitsfunktion (13) in funktionalem Zusammenhang mit dem Wertebereich des Merkmalswerts (08) steht,
  - Generierung einer übergeordneten unscharfen Zugehörigkeitsfunktion (16) durch Verknüpfung aller Zugehörigkeitsfunktionen (13) mittels einer aus zumindest einer Regel bestehenden Berechnungsvorschrift (14, 15),
  - Ermittlung eines Sympathiewertes (18) aus der übergeordneten unscharfen Zugehörigkeitsfunktion (16),
  - Vergleich des Sympathiewertes (18) mit einem Schwellwert (21),
  - Entscheidung über eine Klassenzugehörigkeit (19).
2. Verfahren zur Signalauswertung eines elektronischen Bildsensors bei der Mustererkennung von Bildinhalten eines Prüfkörpers, wobei der Bildsensor ein Lichteingangssignal empfängt und ein elektrisches Ausgangssignal ausgibt, welches

zum Lichteingangssignal korreliert, mit folgenden Schritten:

- Das Bild des zu begutachtenden Prüfkörpers wird in  $N \times N$  rasterförmig angeordnete Fenster (01) der Größe  $n \times n$  Pixel (02) unterteilt,
- Analyse des Bildinhaltes (03) eines Fensters (01) der Größe  $n \times n$  Pixel (02),
- aus diesen Bildinhalten (03) werden zweidimensionale Spektren bestimmt,
- aus diesen zweidimensionalen Spektren werden Spektralamplitudenwerte berechnet und miteinander verknüpft, so dass nur ein Sympathiewert (18) pro Fenster entsteht.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass pro Fenster (01) der Größe  $n \times n$  Pixel nur ein einziger Sympathiewert (18) berechnet wird.
4. Verfahren zur Signalauswertung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Bild des zu begutachtenden Prüfkörpers in  $N \times N$  rasterförmig angeordnete Fenster (01) der Größe  $n \times n$  Pixel (02) unterteilt wird.
5. Verfahren zur Signalauswertung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Sympathiewert (18) nach einer Schwerpunkts- und / oder Maximumsmethode ermittelt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Sympathiewerte (18) nicht linear sind.
7. Verfahren zur Signalauswertung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren in eine Lernphase und eine Arbeitsphase unterteilt wird, wobei in der Lernphase zumindest ein Parameter und / oder zumindest ein Schwellwert (21) bestimmt und angeglichen wird, und wobei in der Arbeitsphase der Bildinhalt (03) eines Prüfkörpers anhand der Ergebnisse aus der Lernphase beurteilt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass in einer Lernphase die Klassenzugehörigkeit trainiert wird, d. h. die Zugehörigkeitsfunktion (13; 16) wird

angelernt.

9. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein Ausgangswert für den Sympathiewert (18) aus folgender Formel gebildet wird:

Der Ausgangswert für das Abstandsmaß (Sympathiewert) lautet:  $\mu = 2^{-z}$  mit

$$z = \frac{1}{M} \sum_{x=0}^{M-1} \left( \frac{|m_x - x_0(m_x)|}{C_x} \right)^D, \quad 0 \leq z \leq 10, \quad z > 10 \Rightarrow \mu(z) \equiv 0,$$

wobei x= ein Zählindex, M= die Anzahl der Merkmale, m= Merkmal,  $x_0$  = Mittelwert von  $C_{\text{diff}}$ , D= Potenz.  $C_{\text{diff}}$  = Differenzmaß des Ausdehnungswertes C bedeutet.

10. Verfahren zur Signalauswertung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Rechenvorschrift (04) zur Umwandlung des Signals des Bildsensors in einen invarianten Merkmalswert (08) ein zweidimensionales mathematisches Spektraltransformationsverfahren (04), insbesondere eine zweidimensionale Fourier-, oder Walsh-, oder Hadamard- oder Zirkular-Transformation ist.

11. Verfahren zur Signalauswertung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Merkmalswert (08) durch den Betrag eines Spektralkoeffizienten (06) repräsentiert wird.

12. Verfahren zur Signalauswertung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Zugehörigkeitsfunktion (13) durch zumindest einen Parameter beschrieben wird.

13. Verfahren zur Signalauswertung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Zugehörigkeitsfunktionen (13) unimodale Funktionen sind.

14. Verfahren zur Signalauswertung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die übergeordnete Zugehörigkeitsfunktion (16) eine multimodale Funktion ist.

15. Verfahren zur Signalauswertung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Zugehörigkeitsfunktionen (13) und / oder die übergeordnete Zugehörigkeitsfunktion (16) Potentialfunktion(en) ist (sind).
16. Verfahren zur Signalauswertung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Berechnungsvorschrift (14; 15) mittels der die Zugehörigkeitsfunktionen (13) miteinander verknüpft werden eine konjunktive Berechnungsvorschrift (14; 15) im Sinne einer WENN ... DANN - Verknüpfung ist.
17. Verfahren zur Signalauswertung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Generierung der übergeordneten unscharfen Zugehörigkeitsfunktion (16) durch die Abarbeitung der Teilschritte Prämissenauswertung, Aktivierung und Aggregation (15) erfolgt, wobei bei der Prämissenauswertung für jeden WENN - Teil einer Berechnungsvorschrift (14; 15) ein Zugehörigkeitswert bestimmt wird, und wobei bei der Aktivierung eine Zugehörigkeitsfunktion für jede WENN ... DANN - Berechnungsvorschrift bestimmt wird, und wobei bei der Aggregation (15) die übergeordnete Zugehörigkeitsfunktion (16) durch Überlagerung aller bei der Aktivierung erzeugten Zugehörigkeitsfunktionen (13) generiert wird.
18. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Sympathiewert (18) mittels Fuzzy-Logik bestimmt wird.
19. Verfahren zur Signalauswertung eines elektronischen Bildsensors bei der Mustererkennung von Bildinhalten eines Prüfkörpers, wobei der Bildsensor ein Lichteingangssignal empfängt und ein elektrisches Ausgangssignal ausgibt, welches zum Lichteingangssignal korreliert, mit folgenden Schritten:
  - Das Bild des zu begutachtenden Prüfkörpers wird in  $N \times N$  rasterförmig angeordnete Fenster (01) der Größe  $n \times n$  Pixel (02) unterteilt,

- Analyse des Bildinhaltes (03) eines Fensters (01) der Größe  $n \times n$  Pixel (02),
- aus diesen Bildinhalten (03) werden zweidimensionale Spektren bestimmt,
- die Spektraltransformation wird durch eine Zirkular-Transformation erzeugt.

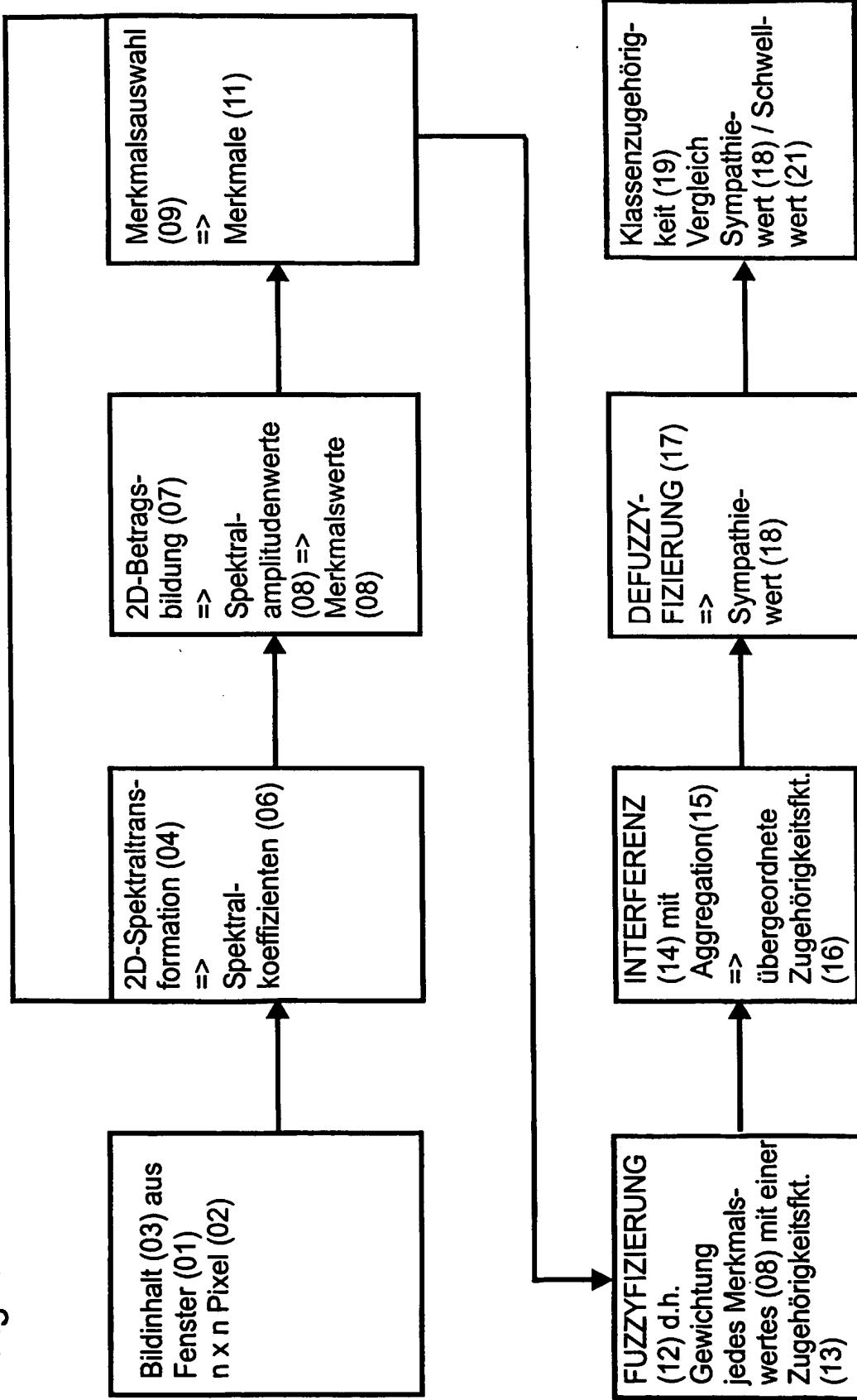
20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass ein invariantes Spektrum erzeugt wird.

21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Invarianzeigenschaft über die Transformationskoeffizienten einstellbar sind.

22. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Zirkular-Transformation mit reellen Koeffizienten ausgeführt wird.

23. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass zugehörige Arbeitskoeffizienten durch gruppenweise Zusammenfassung von Spektralkoeffizienten gebildet werden.

Fig. 1  
MERKMALSBILDUNG



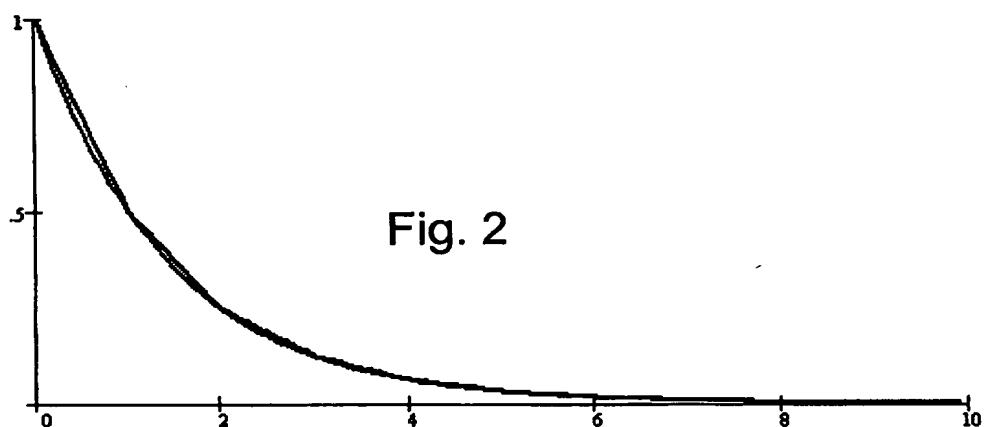


Fig. 2

3/5

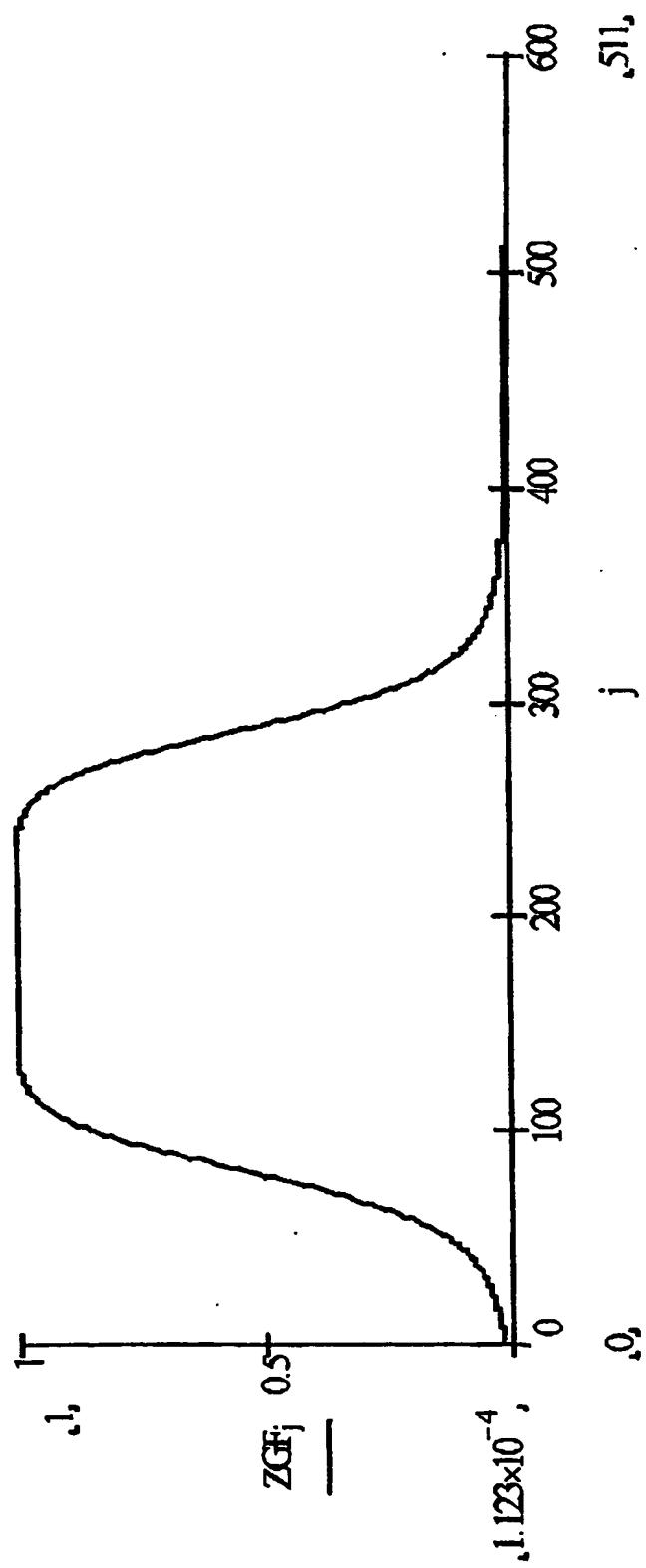


Fig. 3a

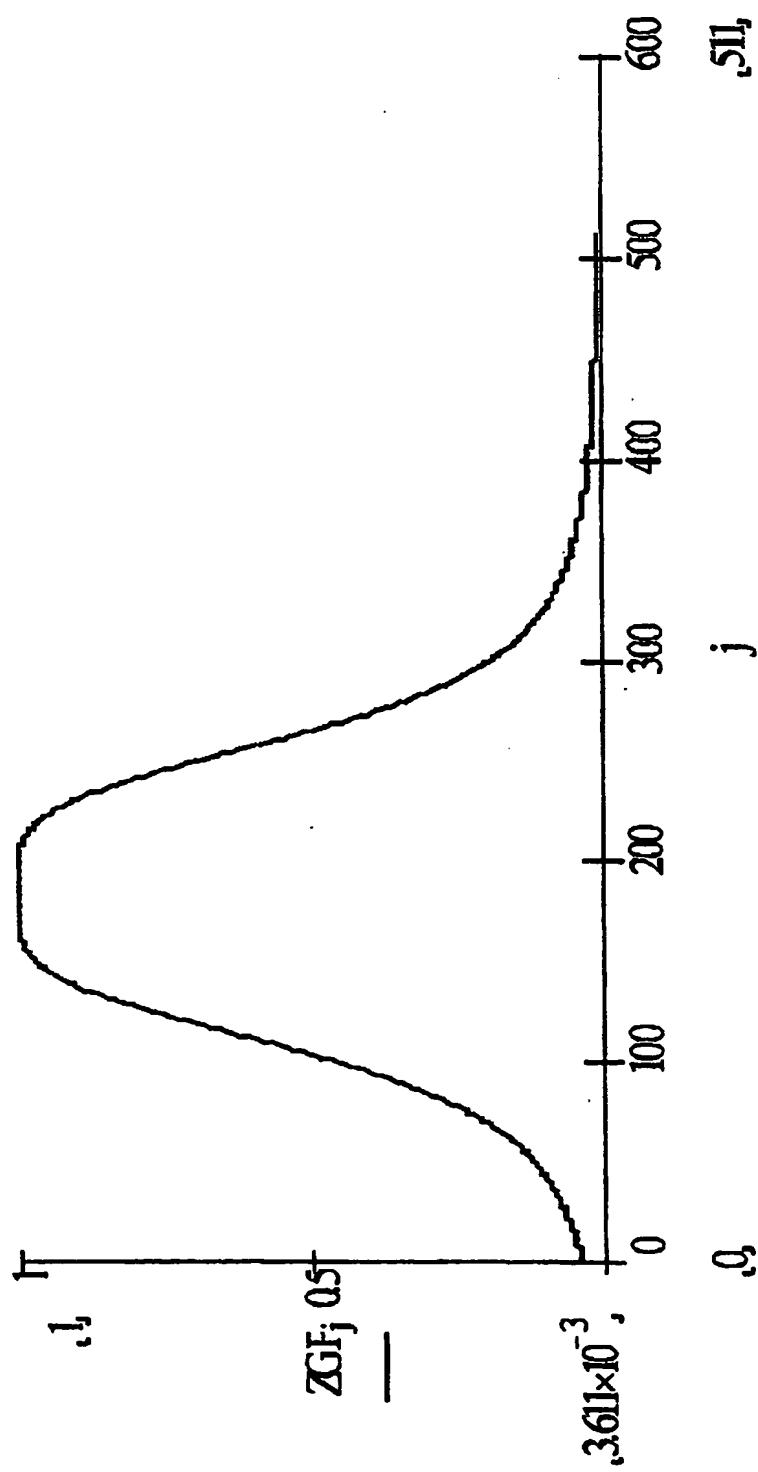


Fig. 3b

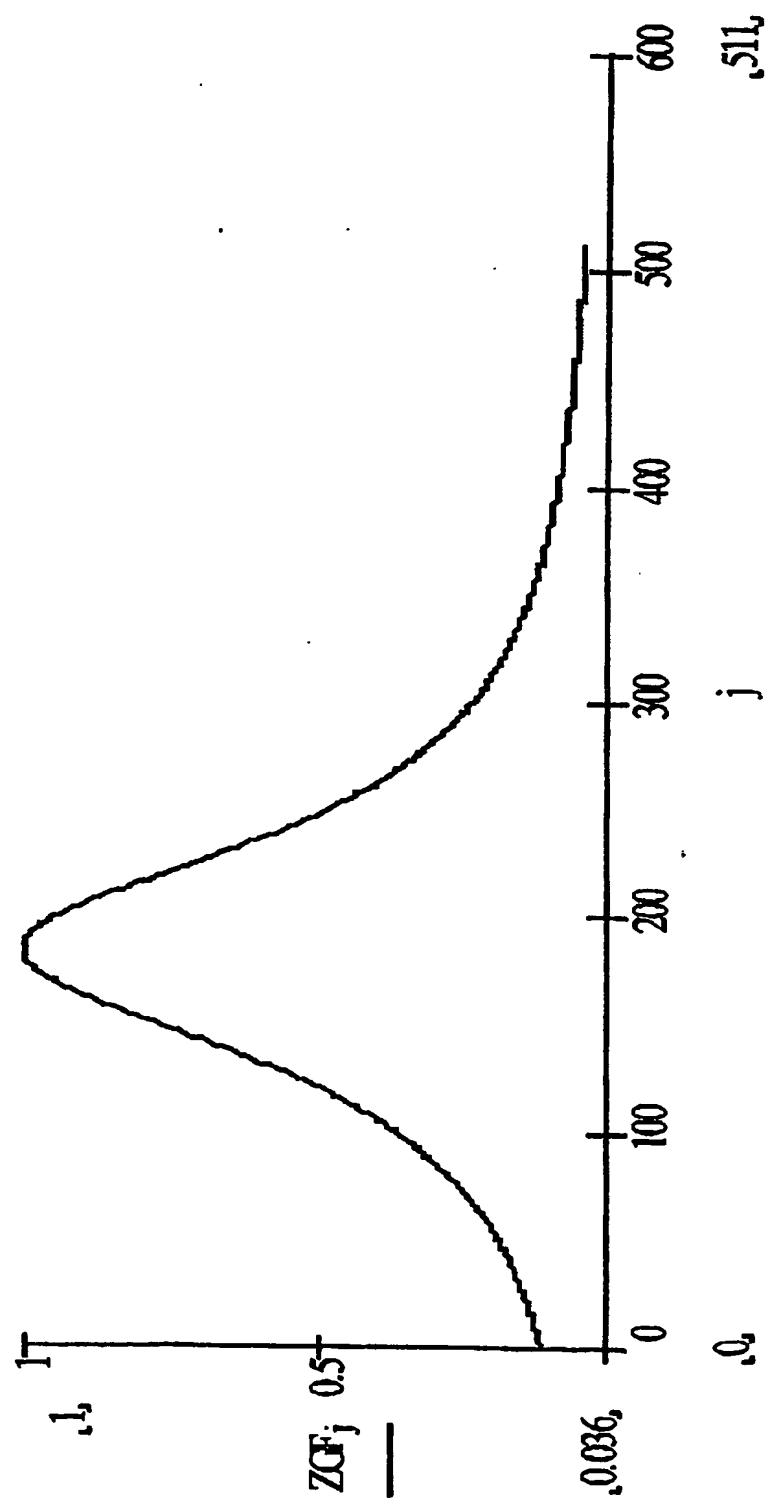


Fig. 3c

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/03/02467

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 G06K9/52 G06K9/80

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 G06K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EP0-Internal, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	<p>SREELA SASI ET AL: "HANDWRITTEN CHARACTER RECOGNITION USING FUZZY LOGIC" PROCEEDINGS OF THE MIDWEST SYMPOSIUM ON CIRCUITS AND SYSTEMS. LAFAYETTE, AUG. 3 - 5, 1994, NEW YORK, IEEE, US, vol. 2 SYMP. 37, 3 August 1994 (1994-08-03), pages 1399-1402, XP000531907 ISBN: 0-7803-2429-3 the whole document</p> <p>---</p> <p style="text-align: center;">-/-</p>	1,2, 12-14, 16-18

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- °A° document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- °E° earlier document but published on or after the international filing date
- °L° document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- °O° document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- °P° document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- °T° later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- °X° document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- °Y° document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- °&° document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

5 January 2004

Date of mailing of the international search report

15/01/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Sonius, M

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/US 03/02467

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CHANDRAN V ET AL: "POSITION, ROTATION, AND SCALE INVARIANT RECOGNITION OF IMAGES USING HIGHER-ORDER SPECTRA" DIGITAL SIGNAL PROCESSING 2, ESTIMATION, VLSI. SAN FRANCISCO, MAR. 23 - 26, 1992, PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACOUSTICS, SPEECH AND SIGNAL PROCESSING (ICASSP), NEW YORK, IEEE, US, vol. 5 CONF. 17, 23 March 1992 (1992-03-23), pages V213-V216, XP000341440 ISBN: 0-7803-0532-9 the whole document ----	1,2, 12-14, 16-18
X		19-23
A	XIAOFAN LIU ET AL: "FUZZY PYRAMID-BASED INVARIANT OBJECT RECOGNITION" PATTERN RECOGNITION, PERGAMON PRESS INC. ELMSFORD, N.Y, US, vol. 27, no. 5, 1 May 1994 (1994-05-01), pages 741-756, XP000453062 ISSN: 0031-3203 abstract ----	1
A	KING NGI NGAN ET AL: "FUZZY QUATERNION APPROACH TO OBJECT RECOGNITION INCORPORATING ZERNIKE MOMENT INVARIANTS" PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON PATTERN RECOGNITION. ATLANTIC CITY, JUNE 16 - 21, 1990. CONFERENCE A: COMPUTER VISION AND CONFERENCE B: PATTERN RECOGNITION SYSTEMS AND APPLICATIONS, LOS ALAMITOS, IEEE COMP. SOC. PRESS, US, vol. 1 CONF. 10, 16 June 1990 (1990-06-16), pages 288-290, XP000166339 ISBN: 0-8186-2062-5 the whole document -----	1,19

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationaler Aktenzeichen  
PCT/EP 03/02467

A. KLASSEIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 G06K9/52 G06K9/80

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 G06K

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, INSPEC

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	<p>SREELA SASI ET AL: "HANDWRITTEN CHARACTER RECOGNITION USING FUZZY LOGIC" PROCEEDINGS OF THE MIDWEST SYMPOSIUM ON CIRCUITS AND SYSTEMS. LAFAYETTE, AUG. 3 - 5, 1994, NEW YORK, IEEE, US, Bd. 2 SYMP. 37, 3. August 1994 (1994-08-03), Seiten 1399-1402, XP000531907 ISBN: 0-7803-2429-3 das ganze Dokument</p> <p>----</p> <p style="text-align: center;">-/-</p>	<p>1,2, 12-14, 16-18</p>

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- \*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- \*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- \*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- \*&\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts

5. Januar 2004

15/01/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Sonius, M

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 03/02467

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	CHANDRAN V ET AL: "POSITION, ROTATION, AND SCALE INVARIANT RECOGNITION OF IMAGES USING HIGHER-ORDER SPECTRA" DIGITAL SIGNAL PROCESSING 2, ESTIMATION, VLSI. SAN FRANCISCO, MAR. 23 - 26, 1992, PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACOUSTICS, SPEECH AND SIGNAL PROCESSING (ICASSP), NEW YORK, IEEE, US, Bd. 5 CONF. 17, 23. März 1992 (1992-03-23), Seiten V213-V216, XP000341440 ISBN: 0-7803-0532-9 das ganze Dokument	1,2, 12-14, 16-18
X		19-23
A	XIAOFAN LIU ET AL: "FUZZY PYRAMID-BASED INVARIANT OBJECT RECOGNITION" PATTERN RECOGNITION, PERGAMON PRESS INC. ELMSFORD, N.Y, US, Bd. 27, Nr. 5, 1. Mai 1994 (1994-05-01), Seiten 741-756, XP000453062 ISSN: 0031-3203 Zusammenfassung	1
A	KING NGI NGAN ET AL: "FUZZY QUATERNION APPROACH TO OBJECT RECOGNITION INCORPORATING ZERNIKE MOMENT INVARIANTS" PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON PATTERN RECOGNITION. ATLANTIC CITY, JUNE 16 - 21, 1990. CONFERENCE A: COMPUTER VISION AND CONFERENCE B: PATTERN RECOGNITION SYSTEMS AND APPLICATIONS, LOS ALAMITOS, IEEE COMP. SOC. PRESS, US, Bd. 1 CONF. 10, 16. Juni 1990 (1990-06-16), Seiten 288-290, XP000166339 ISBN: 0-8186-2062-5 das ganze Dokument	1,19